

«Good vibrations» chez les insectes et autres arthropodes

Compte rendu du colloque *Invertebrate Sound and Vibration ISV'08*

Jérôme Sueur,
Muséum national d'Histoire naturelle
Département Systématique et Évolution
UMR CNRS 7205
OSEB
45, rue Buffon
75005 Paris
E-mail : sueur@mnhn.fr

**Jérôme Casas,
Michael Greenfield
et Claudio Lazzari**
Institut de Recherche en Biologie de l'Insecte (IRBI)
UMR CNRS 6035
Université de Tours
37200 Tours
E-mail : jerome.casas@univ-tours.fr

Les arthropodes constituent le groupe animal le plus diversifié, comptant plusieurs millions d'espèces. Cette diversité spécifique se retrouve dans les comportements et les modalités d'utilisation des vibrations mécaniques. La communication sonore occupe par conséquent une place importante dans la biologie des insectes, crustacés, araignées et autres arthropodes. Ces animaux «invertébrés» utilisent en effet des vibrations mécaniques pour trouver un partenaire sexuel, défendre un territoire, établir des contacts entre parents et jeunes, localiser une proie ou éviter un prédateur. Différents types de vibrations sont utilisés : vibrations de l'air, de l'eau, ou de matériaux naturels (sol, végétation, constructions animales).

Les insectes ont développé des méthodes très diverses pour produire des sons : frottement, percussion, déformation, mouvement du corps ou souffle. Leurs systèmes auditifs présentent également une très grande variété de conformation et de fonctionnement : organes tympaniques pouvant se situer sur n'importe quelle partie du corps, y compris les antennes, organes flagellaires ou soies sensibles aux mouvements d'air. Au-delà de cette diversité, les arthropodes montrent des comportements acoustiques étonnants. Ils sont, entre autres, capables d'utiliser les ultrasons, d'exploiter les plantes comme canaux de transmission, de produire des signaux extrêmement intenses malgré leur petite taille, de détecter et de localiser précisément des sources sonores et de coder des informations complexes par des modulations d'amplitude ou de fréquence stéréotypées. Ces propriétés et la facilité d'utiliser ces animaux en laboratoire font des arthropodes des modèles particulièrement adaptés aux études de bioacoustique dans un contexte de biologie du comportement, évolution, écologie ou génétique.

Initiée dans les années 1950 notamment par les études du français René-Guy Busnel, la bioacoustique des arthropodes s'est fortement développée au cours des années 1970-1980. C'est à cette époque que les biologistes s'intéressant à la communication sonore de ces animaux ont commencé à se réunir pour présenter les résultats de leurs observations et expériences sur le terrain et en laboratoire. Tous les trois ans, le congrès *Invertebrate Sound and Vibration (ISV)* a lieu en Europe ou en Amérique du Nord. La douzième session s'est tenue pour la première fois en France, à Tours en octobre 2008¹. Le congrès était organisé autour de cinq thèmes majeurs : neurobiologie, biomécanique de la production et de la réception sonore, systématique et écologie sensorielle. Ces deux dernières thématiques ont émergé récemment, occupant une place de plus en plus importante dans les recherches des laboratoires.

L'ISV de 2008 a réuni une centaine de chercheurs et étudiants provenant de 16 pays. Plus de 80 communications orales ou posters ont permis de découvrir les avancées récentes. Il est difficile de résumer l'ensemble des communications qui ont traité de sujets et de modèles divers, allant du fonctionnement des neurones auditifs des grillons aux mécanismes de vibration à travers les plantes utilisés par les membracides, des petits insectes tropicaux à la morphologie extravagante. Nous rapportons donc plus précisément les résultats de quatre études expérimentales récemment publiées dans un fascicule de la revue *Journal of Experimental Biology*.

¹ Organisé par les auteurs avec le soutien de l'Université François Rabelais de Tours, du CNRS, de la Région Centre et du Muséum national d'Histoire naturelle.

Nakano et al. (J. Exp. Biol., 2009 : 212, pp 4072-4078)

Les biologistes savent depuis de nombreuses années que la perception, mais aussi la production, d'ultrasons jouent un rôle important dans les stratégies de défense des papillons de nuit contre les chauve-souris insectivores. Certaines espèces sont aussi connues pour utiliser le domaine des ultrasons lors de la rencontre des mâles et des femelles. Grâce à une étude menée par une collaboration entre chercheurs japonais et danois, on sait maintenant que cette communication par haute fréquence est beaucoup plus fréquente que supposée. Nakano et al. rapportent en effet pour la première fois que les mâles de plusieurs espèces de papillons de nuit de la famille des Crambidae émettent des signaux sexuels ultrasonores avec une intensité extrêmement faible. Ces «chuchotements» pourraient permettre aux papillons d'entretenir une conversation secrète sans être détectés par des rivaux ou des prédateurs. Ce comportement est si discret qu'il avait échappé à de nombreux observateurs alors qu'il pourrait se révéler relativement commun.

Limousin et al. (J. Exp. Biol., 2009, 212 : pp 4091-4100)

A l'opposé, les signaux ultrasonores d'une autre espèce de papillon de nuit, appartenant à la famille des Pyralidae, ont été étudiés depuis longtemps. Le chant des mâles adressé aux femelles est produit cette fois à forte intensité. Limousin et al. de l'Université de Tours ont cherché à comprendre comment les femelles choisissent un mâle sur des critères de variation de l'amplitude du chant. A énergie acoustique équivalente, le critère de sélection repose sur la préférence pour des «notes fortissimo» où l'amplitude maximale est atteinte très rapidement. Cette capacité à suivre les modulations d'amplitude est d'autant plus remarquable que le tympan de ces insectes n'est innervé que par quatre neurones.

Windmill et al. (J. Exp. Biol., 2009, 212 : pp 4079-4083)

Les femelles de cigales possèdent quant à elles plusieurs centaines de neurones nichés dans leur système auditif. La raison de cette riche innervation, comparable à celle de grenouilles ou d'autres vertébrés, n'est pas encore connue. L'équipe franco-britannique de Windmill et al. a cependant décrit le mécanisme de transduction sonore, convertissant l'énergie sonore aérienne en énergie mécanique qui stimule ces neurones. Utilisant des techniques de vibrométrie laser à effet Doppler, ils expliquent comment le son fait vibrer le tympan des femelles selon des ondes non-stationnaires puis comment la membrane tympanique transmet ces vibrations à un petit apodème de cuticule. Cet apodème amortit et convertit les vibrations du tympan. Les vibrations deviennent stationnaires et leur amplitude passe d'une échelle nanométrique et à une échelle picométrique. L'apodème fonctionne comme un filtre bande-passe, sélectionnant les fréquences les plus intenses du chant des mâles et permettant ainsi probablement une discrimination auditive contre des bruits parasites ou des chants d'autres espèces.

Barbero et al. (J. Exp. Biol., 2009, 212 : pp 4084-4090)

Les arthropodes, et les insectes en particulier, ne produisent pas des vibrations sonores ou élastiques uniquement dans un cadre de sélection sexuelle mais peuvent aussi les utiliser dans des cas de recherche d'un hôte (parasitisme) ou de recherche d'une proie (prédation).

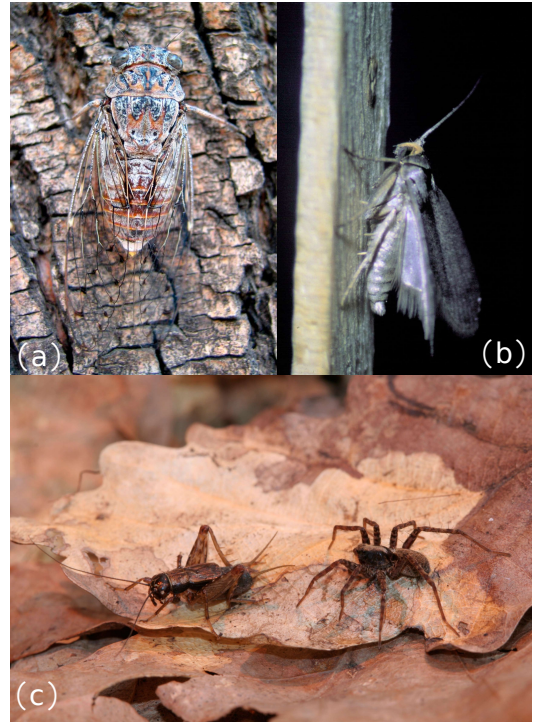


Fig. 1 : Quelques modèles utilisés en bioacoustique des arthropodes: (a) la cigale commune du sud de la France (*Cicada orni*) qui possède un appareil auditif richement innervé, (b) une pyrale (*Achroia grisella*), papillon de nuit qui utilise les ultrasons pour communiquer, (c) le grillon sylvestre (*Nemobius sylvestris*) qui communique par stridulation et qui détecte les mouvements d'air dus aux mouvements de son prédateur l'araignée-loup (*Pardosa sp.*).

L'équipe de Barbero d'Italie et du Royaume-Uni ont enregistré et analysé les émissions sonores ou stridulations des chenilles de papillons de la famille des Lycaenidae et celles des fourmis chez qui elles s'immiscent pour se nourrir à leur dépend. Les larves s'introduisent chez les fourmis grâce à un mimétisme chimique - une sorte de déguisement moléculaire - mais elles imitent également les stridulations émises par la reine de la colonie des fourmis. Cette tromperie acoustique permet aux papillons d'obtenir un statut hiérarchique élevé dans la société qu'ils parasitent et, de fait, de se faire accepter encore plus facilement.

Ces quatre exemples issus du dernier ISV illustrent la diversité des modèles et des approches développés pour l'étude du comportement sonore des arthropodes. Combinant des techniques de biologie et de mécanique, la bioacoustique des insectes, crustacés et araignées a encore un champ de recherche immense à couvrir. La prochaine session du congrès, qui se tiendra aux USA en 2011, devrait révéler de nouvelles découvertes étonnantes.